

С.С.КОЗИРЄВ, канд.техн.наук, Національний університет кораблебудування, Миколаїв;

Л.Є.ОВЧИННИКОВА, канд.техн.наук, Інститут імпульсних процесів і технологій НАН України, Миколаїв

АНАЛІЗ ДИНАМІКИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОВИБУХОВИМ ПЕРЕТВОРЕННЯМ ЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

Представлено систему автоматичного керування електровибуховим перетворенням енергії на основі нечітких регуляторів. Проведено аналіз динаміки, визначено параметри, які впливають на характер поведінки системи. Дано рекомендації щодо вибору параметрів системи керування, які забезпечують необхідну якість перехідних процесів.

The automated control system, based on fuzzy-logic, was developed for the discharge energy conversion. The analysis of dynamics of developed system was done. The conditions of system's behavior change were defined. The recommendations of determination of parameters which provide required quality of transients were given.

Вступ. Відомі системи керування електровибуховим перетворенням енергії побудовані на основі регресійної лінеаризованої моделі, що адекватно описує процес тільки в околі точки номінального режиму, забезпечують керованість процесу при незначних відхиленнях технологічних параметрів. При зміні технологічних параметрів в широкому діапазоні та дії непередбачуваних зовнішніх впливів керованість не забезпечується.

Синтезовані адаптивні системи керування електровибуховим перетворенням енергії на основі нечіткої моделі [1], яка побудована з використанням методів фаззи-апроксимації та описує об'єкт на всьому просторі станів з урахуванням нелінійності, дають змогу розширити зону керованості, підвищити усталену точність, забезпечити адаптивність керування при різних режимах роботи. Для дослідження ефективності синтезованих адаптивних систем керування з використанням нечітких регуляторів необхідне проведення аналізу динаміки систем керування.

Мета роботи – дослідження методами математичного моделювання та проведення аналізу динаміки систем керування електровибуховим перетворенням енергії на основі нечіткої логіки в умовах зміни в широкому діапазоні параметрів середовища та збурюючих впливів.

Основна частина

Для забезпечення керованості процесу електровибухового перетворення енергії в усьому просторі станів синтезовано адаптивну систему керування

на основі нечітких регуляторів, бази правил яких побудовані з використанням теорії нечітких множин та методів fuzzy-апроксимації [2]. В синтезованій системі керування (рис. 1) використовуються нечіткі регулятори для коригування параметрів системи керування в залежності від положення об'єкта в просторі станів, що надає системі властивість адаптивності, дає змогу розширити зону керованості, підвищити усталену точність керування, забезпечити стійкість системи в усіх технологічних режимах роботи.

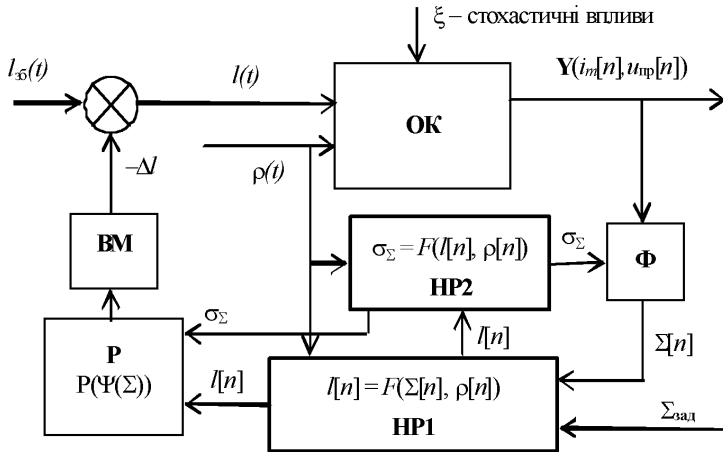


Рисунок 1 – Блок-схема системи керування з нечіткими регуляторами HP1, HP2

Вхідними змінними є координати вектора стану об'єкта керування (OK): $l[n]$ – довжина розрядного проміжку, $\rho[n]$ – питомий опір технологічної рідини. На виході HP2 у відповідності до бази правил синтезуються сигнали корекції коефіцієнтів пристрою оцінки інформаційної координати (Ф), а також сигнали корекції зони нечутливості релейної функції Ψ і передатного коефіцієнта k_0 регулятора (P), які залежать від дисперсії σ_{Σ}^2 інформаційної координати Σ , яка в свою чергу визначається положенням об'єкта у просторі станів. При визначенні функцій належності нечітких регуляторів HP1, HP2 і створенні бази правил для корекції коефіцієнтів алгоритму обробки інформаційного сигналу фільтром (Ф), бази правил для корекції величини зони нечутливості та передатного коефіцієнта релейного регулятора (P) в залежності від положення об'єкта у просторі станів використовується нечітка модель об'єкта керування (OK), яка побудована методами fuzzy-апроксимації на основі апріорної інформації, тобто результатів математичної обробки даних експериментальних досліджень об'єкта керування [1].

Результати дослідження динаміки адаптивної системи керування з нечіткими регуляторами на моделі (рис. 2), побудованій в середовищі MATLAB [3], представлені на рис. 3 та в таблиці.

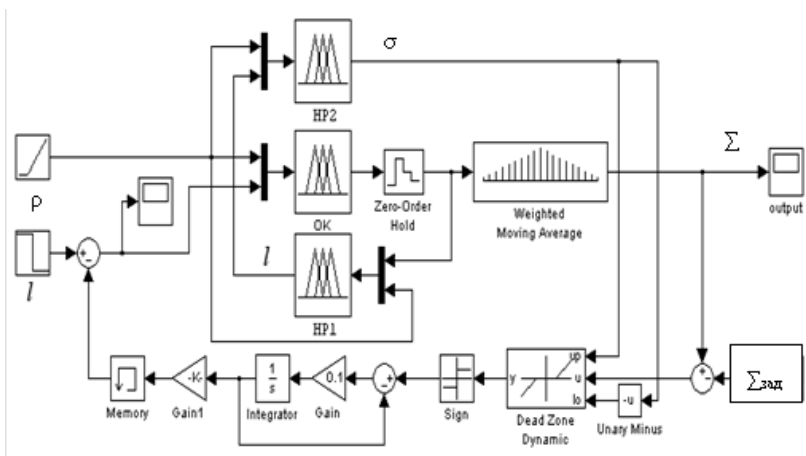
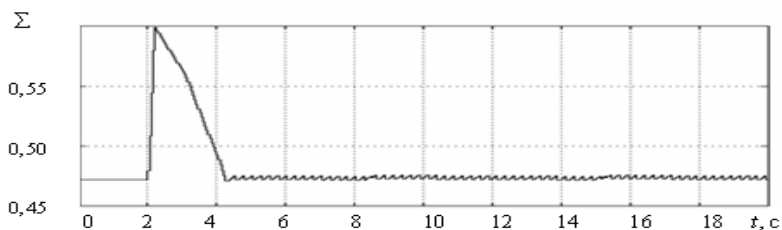
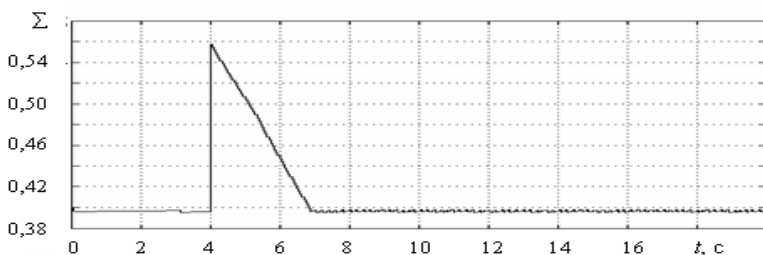


Рисунок 2 – Структура моделі адаптивної системи керування з HP1, HP2



а



б

Рисунок 3 – Результат моделювання динаміки адаптивної системи керування з HP1,2 при стрибкоподібній зміні $l[n]$:

a – режим $\Sigma_{зад} = 0,47$; b – режим $\Sigma_{зад} = 0,40$

Показники якості перехідного процесу

Показник	Зона стійкої керуваності, % від області визначення	Тривалість перехідного процесу, с	Усталена похибка, %
Значення	100 %	до 3 с	± 2 %

Усталена точність підтримки заданого режиму визначається статистичними характеристиками процесу електровибухового перетворення енергії, а саме середньоквадратичним відхиленням σ_{Σ} . На виході система керування підтримує задані значення вихідної інформаційної координати, наприклад $\Sigma_{\text{зад}} = 0,4; 0,47$, в межах $\pm\sigma_{\Sigma} = 0,02$ при ступінчатому збуренні по вхідній координаті l . Значення інформаційної координати $\Sigma[nT_{\text{к}}]$ та її середньоквадратичного відхилення σ_{Σ} дано у відносних одиницях, за базове значення прийнято амплітудне значення розрядного струму при короткому замиканні $I_{\text{кз}}$. Тривалість перехідного процесу не перевищує $t = 3$ с, що є прийнятним для технологічних режимів електророзрядної обробки виробів.

Аналіз результатів моделювання динаміки адаптивної системи керування з нечіткими регуляторами НР1,2 в середовищі MATLAB для різних технологічних режимів та вхідних збурень по координаті l , при змінних параметрах середовища ($\rho = \text{var}$) показав, що система забезпечує достатню усталену точність підтримки заданих режимів в усьому просторі станів при широкому діапазоні змін вхідних координат, зберігаючи при цьому стійкість перехідних процесів та прийнятну їх тривалість.

Висновки. Аналіз результатів дослідження динаміки адаптивної системи керування з нечіткими регуляторами НР1, НР2 на моделі, побудованій в середовищі MATLAB, показав, що використання нечітких регуляторів для коригування параметрів системи керування в залежності від положення об'єкта в просторі станів дає змогу забезпечити високу усталену точність підтримки заданих режимів, стійкість системи та прийнятну якість перехідних процесів при будь-яких значеннях вхідного сигналу та змінах параметрів середовища.

Результати дослідження динаміки систем автоматичного керування електровибуховим перетворенням енергії підтвердили, що використовуючи апарат нечіткої логіки при синтезі адаптивних систем керування можна забезпечити високу ефективність керування на всьому просторі станів в умовах зміни в широкому діапазоні параметрів середовища та дії непередбачуваних збурюючих впливів.

Список літератури: 1. *Козирев С.С.* Удосконалена модель керування електровибухового перетворення енергії / Збірник наукових праць НУК. – № 4 (415). – Миколаїв, 2007. – С. 101-109. 2. *Козырев С.С.* Адаптивная система управления электроимпульсной установкой с использованием нечеткого регулятора // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – № 37. – 2006. – С. 92-100. 3. *Леоненков А.В.* Нечеткое моделирование в среде MATLAB и FuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.

Надійшла до редколегії 06.04.2009